

**CUTTING TOOL**

Patent Number: JP2002113604  
Publication date: 2002-04-16  
Inventor(s): FUKUI HARUYO; UCHIUMI YOSHIHARU; MORIGUCHI HIDEKI; IMAMURA SHINYA; OHARA HISANORI; HASHIMOTO YASUHISA  
Applicant(s): SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
Requested Patent: ☐ JP2002113604  
Application Number: JP20010032304 20010208  
Priority Number (s):  
IPC Classification: B23B27/14; B22F3/24; C23C14/06  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a cutting tool concurrently provided with abrasion resistance at a high temperature and lubricity to reduce a chipping loss by intermittent cutting and to prevent a chipping loss by fusion.

**SOLUTION:** This cutting tool is provided with a base material and a lubricious coat formed on this base material by alternately laminating an abrasive resistant coat containing a compound comprising two or more kinds of elements selected from a group of titanium, chromium and aluminum, and one or more elements selected from a group of carbon and nitrogen, or an abrasive resistant coat containing a compound comprising one or more elements selected from a group of titanium, zirconium and aluminum, and one or more element selected from a group of carbon and nitrogen, a hard carbon film formed so as to be brought into contact with the upper part of this abrasive resistant coat, and noncarbon film containing one or more element selected from a group of titanium, chromium, zirconium, hafnium, vanadium, boron, aluminum and silicon.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-113604  
(P2002-113604A)

(43) 公開日 平成14年4月16日 (2002. 4. 16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
B 2 3 B 27/14		B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 4 6
B 2 2 F 3/24	1 0 2	B 2 2 F 3/24	1 0 2 A 4 K 0 1 8
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	P 4 K 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2001-32304(P2001-32304)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成13年2月8日(2001. 2. 8)	(72) 発明者	福井 治世 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
(31) 優先権主張番号	特願2000-235522(P2000-235522)	(72) 発明者	内海 慶春 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
(32) 優先日	平成12年8月3日(2000. 8. 3)	(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎 (外4名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切削工具

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高温における耐摩耗性を備え、断続切削での欠損を低減するとともに、溶着による欠損を防止するための潤滑性を同時に備えた切削工具を提供することである。

【解決手段】 切削工具は、基材と、この基材の上に形成された、チタン、クロムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた2種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜、または、チタン、ジルコニウムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜と、この耐摩耗性被膜の上に接するように形成された硬質炭素膜と、チタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、珪素、アルミニウム及びケイ素からなる群より選ばれた1種以上の元素を含む非炭素膜とが交互に積層された潤滑性被膜とを備える。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材と、

前記基材の上に形成された、チタン、クロムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた2種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜と、  
前記耐摩耗性被膜の上に接するように形成された潤滑性被膜とを備えた、切削工具。

【請求項2】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜を含む、請求項1に記載の切削工具。

【請求項3】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、硼素、アルミニウムおよびケイ素からなる群より選ばれた1種以上の元素を含む非炭素膜とを含む、請求項1に記載の切削工具。

【請求項4】 前記硬質炭素膜と前記非炭素膜とが交互に積層されている、請求項3に記載の切削工具。

【請求項5】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、硼素、アルミニウムおよびケイ素からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素、窒素および酸素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む化合物膜とを含む、請求項1に記載の切削工具。

【請求項6】 前記硬質炭素膜と前記化合物膜とが交互に積層されている、請求項5に記載の切削工具。

【請求項7】 前記潤滑性被膜の厚みが0.5  $\mu\text{m}$ 以上5  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項8】 前記耐摩耗性被膜は、チタン、クロムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた2種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜から構成される複数層を含む、請求項1から請求項7までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項9】 前記耐摩耗性被膜の厚みが0.5  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項1から請求項8までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項10】 前記耐摩耗性被膜の表面粗度がRa表示で0.03  $\mu\text{m}$ 以上0.5  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項11】 前記切削工具の最表面が、チタン、クロムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素、窒素および酸素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜で被覆されている、請求項1から請求項10までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項12】 前記基材が、炭化タングステン基超硬合金、サーメット、セラミックス、立方晶窒化硼素焼結体、ダイヤモンド焼結体および鉄系合金からなる群より選ばれた1種の材料からなる、請求項1から請求項11

までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項13】 前記セラミックスは、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムおよび炭化ケイ素からなる群より選ばれた1種である、請求項12に記載の切削工具。

【請求項14】 前記鉄系合金は、高速度鋼、ダイス鋼およびステンレス鋼からなる群より選ばれた1種である、請求項12に記載の切削工具。

【請求項15】 前記切削工具は、ドリル、エンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマおよびタップからなる群より選ばれた1種である、請求項1から請求項14までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項16】 基材と、  
前記基材の上に形成された、チタン、ジルコニウムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜と、前記耐摩耗性被膜の上に接するように形成された潤滑性被膜とを備えた、切削工具。

【請求項17】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜を含む、請求項16に記載の切削工具。

【請求項18】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、硼素、アルミニウムおよびケイ素からなる群より選ばれた1種以上の元素を含む非炭素膜とを含む、請求項16に記載の切削工具。

【請求項19】 前記硬質炭素膜と前記非炭素膜とが交互に積層されている、請求項18に記載の切削工具。

【請求項20】 前記潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、硼素、アルミニウムおよびケイ素からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素、窒素および酸素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む化合物膜とを含む、請求項16に記載の切削工具。

【請求項21】 前記硬質炭素膜と前記化合物膜とが交互に積層されている、請求項20に記載の切削工具。

【請求項22】 前記潤滑性被膜の厚みが0.1  $\mu\text{m}$ 以上5  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項16から請求項21までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項23】 前記耐摩耗性被膜は、チタン、ジルコニウムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素および窒素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜から構成される複数層を含む、請求項16から請求項22までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項24】 前記耐摩耗性被膜の厚みが0.1  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項16から請求項23までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項25】 前記耐摩耗性被膜の表面粗度がRa表

示で0.01 $\mu$ m以上0.5 $\mu$ m以下である、請求項16から請求項24までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項26】 前記切削工具の最表面が、チタン、ジルコニウム、クロムおよびアルミニウムからなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素、窒素および酸素からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜で被覆されている、請求項16から請求項25までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項27】 前記基材が、炭化タングステン基超合金、サーメット、セラミックス、立方晶窒化硼素焼結体、ダイヤモンド焼結体および鉄系合金からなる群より選ばれた1種の材料からなる、請求項16から請求項26までのいずれか1項に記載の切削工具。

【請求項28】 前記セラミックスは、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムおよび炭化ケイ素からなる群より選ばれた1種である、請求項27に記載の切削工具。

【請求項29】 前記鉄系合金は、高速度鋼、ダイス鋼およびステンレス鋼からなる群より選ばれた1種である、請求項27に記載の切削工具。

【請求項30】 前記切削工具は、ドリル、エンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマおよびタップからなる群より選ばれた1種である、請求項16から請求項29までのいずれか1項に記載の切削工具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ドリル、エンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどの切削工具に関し、特にその表面に耐摩耗性被膜を備えた切削工具に関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】切削工具の高能率化、高精度化の要求を満たすために、新しい切削工具の材料が次々と開発されている。このような材料開発の流れの中で、欠かすことのできない工具製造技術の1つとして切削工具の表面に被膜を形成するためのセラミックスコーティング技術がある。また、最近の動向として、加工能率を一層向上させるために、切削速度がより高速になってきており、刃先の温度は益々高温になる傾向にある。したがって、工具材料に要求される特性は一段と厳しくなる一方である。

【0003】切削工具は、様々な形態の損傷を受ける。その主なものは摩耗と欠損である。摩耗は、(1)機械的な摩擦摩耗と、(2)高温での酸化や被削材との間での拡散などによって生じる熱的摩耗とに大きく分けられる。いずれの摩耗の場合も、切削速度や送り速度が大きくなって工具の刃先温度が高くなるほど著しくなる。一

方、欠損は、刃先にかかる大きな切削抵抗や機械的、熱的な衝撃によって起こり、高速送り切削や断続切削で顕著に現われる。

【0004】上述の市場の要求や状況に応えるとともに、これらの損傷を防止するために、セラミックスコーティングの膜成分として、窒化チタン、炭化チタン、炭窒化チタンなどのチタン系セラミックスが従来最も広く用いられてきた。すなわち、WC(炭化タングステン)基超合金、サーメット、セラミックス、高速度鋼等の切削工具の硬質基材の表面に、硬質被覆層として、PVD(physical vapor deposition)法やCVD(chemical vapor deposition)法によって、チタンの炭化物、窒化物、炭窒化物を単層または複数層形成することはよく知られている。

【0005】しかし、このチタン系被膜は、耐摩耗性や靱性に優れるが、耐酸化性に劣ると言われている。最近の切削工具の動向として、(1)加工能率を一層向上させるため、切削速度がより高速になりつつあること、(2)切削油剤の削減のためのドライ加工が進みつつあること等から、工具の刃先温度はますます高温になる傾向があり、被膜の耐酸化特性の向上は非常に重要になってきた。

【0006】そこで、このチタン系被膜にアルミニウムを添加することにより、セラミックスコーティング膜の耐摩耗性と耐酸化性とを両立させる方法が開発されている。たとえば、3元素系の窒化チタンアルミニウム(Ti, Al)N膜が開発されている。現在では、そのようなセラミックスコーティング膜の成分として、たとえば特公平5-67705号公報に開示されている炭窒化チタンアルミニウム(Ti, Al)CN膜が用いられつつある。この炭窒化チタンアルミニウム膜は、切削加工中にその表面が酸化され、チタンやアルミニウムの酸化物を形成する。特にアルミニウムの酸化物であるアルミナは高い高温硬度と優れた安定性を有しているため、炭窒化チタンアルミニウム膜で被覆された切削工具は、最近の切削工具の高速化や高硬度の被削材の加工に対応可能な優れた性能を示している。

【0007】さらに、現在では、4元素系、5元素系のセラミックスコーティング膜が提案されている。たとえば、特開平11-80932号公報には(Ti, Al, Pb)N膜と(Ti, Al, Pb)CN膜が開示されている。特開平11-80933号公報には(Ti, Al, Cu)N膜と(Ti, Al, Cu)CN膜が開示されている。特開2000-129424には(Al, Ti, V)(N)膜が開示されている。

【0008】これらの公報に開示された膜は、特に鋼などの断続切削を高速に行った場合に靱性不足で刃先にチッピングが発生しやすく、比較的短時間に切削寿命に到達していた等の問題に対する改善を目的とするものであった。しかしながら、最近では、被削材の種類も多岐に

わたり、切削される材料が工具に溶着しやすい場合が多くなってきた。この場合、工具の切れ刃近傍に被削材が溶着し、上記のようなコーティング膜では切れ刃の欠けを誘発させるという欠点があった。

【0009】そこで、特開平10-158861号公報では、切削工具の表面での被削材の溶着を防ぐために、耐摩耗性被膜として窒化チタン膜と複合窒化膜を切削工具の表面に形成することが提案されている。ここで、窒化チタン膜は切削工具の基材の表面に接して形成されており、複合窒化膜は窒化チタン膜の上に形成され、チタンとバナジウムと窒素とを含有する。そして、耐摩耗性被膜の最表面が酸化バナジウムを含む融点が1000℃以下の低融点酸化物で被覆されている。このように低融点の酸化物で耐摩耗性被膜を被覆するのは、切削中の摩擦熱で酸化物が軟化または熔融状態になり、溶着した被削材が容易に脱落し、溶着そのものを生じなくするためである。

【0010】しかし、近年、切削工具の加工能率を一層向上させるために切削速度がより高速になることに加え、特に、対環境対策として、切削油剤削減のためのドライ（乾式）加工化が進みつつある。これらのことから、切削工具の刃先温度は益々高温になる傾向にあるので、今後用いられる工具の材料には高温における耐摩耗性が要求されるとともに、刃先での溶着欠損を防ぐための潤滑性が同時に求められるようになってきている。

【0011】そこで、特開2000-176705では、工具上にTiN、TiCN、TiAlN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>もしくはこれらの組合せを含む硬質物質をコーティングした後に、さらに硬質炭素系潤滑膜を被覆した工具部材が提案されている。この公報では、コーティング工具上に安定した耐久性を有し、かつ量産性に適した安価な、硬質炭素系潤滑膜を提供するために、硬質炭素系潤滑膜の下に、シリコンと炭素、もしくはシリコン、炭素および窒素を含む成分からなる中間層を有し、その中間層の下に界面と接する厚さ0.02μm以上0.5μm以下のシリコンの単体の層を形成している。

【0012】しかし、硬質炭素系潤滑膜の密着性を高めるために、硬質炭素系潤滑膜の下に形成される、シリコンを含む層は、耐摩耗性が低く、脆いという問題がある。

【0013】また、上記の公報で開示された方法によれば、最表面層の硬質炭素系被膜は炭化水素系のガスを用いてイオンプレーティングとプラズマCVDの手法によって形成されるため、被膜中に水素原子が含まれてしまう。通常、硬質炭素系被膜中の水素原子は大気中において約350℃以上の温度で膜中から脱離することがわかっている。水素が脱離した後、硬質炭素系被膜はグラファイトに変態し、その硬度が極端に低下する。従って、このような被膜を過酷な切削環境下で使用することは困難である。

【0014】そこで、この発明の目的は、上述のような技術的な背景に鑑みてなされたものであり、高温における耐摩耗性を備え、断続切削での欠損を低減するとともに、溶着による欠損を防止するための潤滑性を同時に備えた切削工具を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明の一つの局面に従った切削工具（以下、「切削工具1」という）は、基材と、この基材の上に形成された、チタン（Ti）、クロム（Cr）およびアルミニウム（Al）からなる群より選ばれた2種以上の元素と炭素（C）および窒素（N）からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜と、この耐摩耗性被膜の上に接するように形成された潤滑性被膜とを備える。

【0016】切削工具1においては、耐摩耗性被膜を形成する化合物は極めて硬く、耐酸化温度が高いため、切削工具の耐摩耗性を向上させるとともに、寿命を長くすることができる。また、耐摩耗性被膜の上に接するように潤滑性被膜が形成されているので、被削材の切り屑の排出性が良好になるとともに、切削工具の表面上への被削材の溶着を抑制することができ、その結果として切れ刃の折損を防止することができる。

【0017】この発明のもう一つの局面に従った切削工具（以下、「切削工具2」という）は、基材と、この基材の上に形成された、チタン（Ti）、ジルコニウム（Zr）およびアルミニウム（Al）からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素（C）および窒素（N）からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む耐摩耗性被膜と、この耐摩耗性被膜の上に接するように形成された潤滑性被膜とを備える。

【0018】切削工具2においては、耐摩耗性被膜を形成する化合物は極めて硬く、耐酸化温度が高いため、切削工具の耐摩耗性を向上させるとともに、寿命を長くすることができる。また、耐摩耗性被膜は潤滑性被膜との密着性がよいので、付着力強化層としての役割も兼ね備える。従って、耐摩耗性被膜の上に接するように潤滑性被膜が形成されていることによって、潤滑性被膜が剥離することなく、被削材の切り屑の排出性が良好になるとともに、切削工具の表面上への被削材の溶着を抑制することができ、その結果として切削初期における切れ刃の折損を防止することができる。

【0019】切削工具1と2において、潤滑性被膜は硬質炭素膜を含むのが好ましい。硬質炭素膜は、アモルファス状の炭素膜または水素化炭素膜であり、a-C、a-C:H、i-C、ダイヤモンドライクカーボン（DL C）などとも称される。この硬質炭素膜は、高い硬度を有し、平面平滑性に優れ、低い摩擦係数を有するので、潤滑性被膜として好ましい。

【0020】このような硬質炭素膜は、主成分が炭素であり、特に成膜中に不可避免的に混入してしまう不純物を

除くと、実質的に炭素のみからなるのが好ましい。また、硬質炭素膜は不可避免的な不純物としてアルゴン (Ar) を含んでいてもよい。

【0021】硬質炭素膜のヌープ硬度 (Hk) は  $800 \text{ kg/mm}^2$  以上、 $3500 \text{ kg/mm}^2$  以下であることが好ましい。ここで、ヌープ硬度が  $800 \text{ kg/mm}^2$  未満の場合、硬質炭素膜の耐摩耗性が低くなり、工具寿命が短くなる。また、ヌープ硬度が  $3500 \text{ kg/mm}^2$  を超える場合、硬質炭素膜の耐摩耗性が向上するが、硬質炭素膜の内部に蓄積される圧縮応力が大きくなり、膜の剥離が発生する。硬質炭素膜のヌープ硬度 (Hk) は  $1000 \text{ kg/mm}^2$  以上、 $2500 \text{ kg/mm}^2$  以下であることがさらに好ましい。

【0022】また、潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン (Ti)、クロム (Cr)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、バナジウム (V)、硼素 (B)、アルミニウム (Al) およびケイ素 (Si) からなる群より選ばれた1種以上の元素を含む非炭素膜とを含むのが好ましい。この場合、硬質炭素膜と非炭素膜とが交互に積層されることにより潤滑性被膜が構成されてもよい。ここで、硬質炭素膜と非炭素膜とを交互に積層するのは、内部応力緩和層として上記の非炭素膜が作用するからである。

【0023】さらに、潤滑性被膜は、硬質炭素膜と、チタン (Ti)、クロム (Cr)、ジルコニウム (Zr)、ハフニウム (Hf)、バナジウム (V)、硼素 (B)、アルミニウム (Al) およびケイ素 (Si) からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素 (C)、窒素 (N) および酸素 (O) からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物を含む化合物膜とを含むのが好ましい。この場合、硬質炭素膜と化合物膜とが交互に積層されることによって潤滑性被膜が構成されてもよい。ここで、硬質炭素膜と化合物膜とを交互に積層するのは、上記の化合物膜が内部応力を緩和するように働くからである。

【0024】切削工具1においては、潤滑性被膜の厚みは  $0.5 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。ここで、潤滑性被膜の厚みを  $0.5 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下に限定している理由として、厚みが  $0.5 \mu\text{m}$  未満になると潤滑性被膜がすぐに摩耗してなくなってしまうからであり、 $5 \mu\text{m}$  を超えると潤滑性被膜に蓄積される残留応力が大きくなって膜が剥離してしまうからである。

【0025】切削工具2においては、潤滑性被膜の厚みは  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。ここで、潤滑性被膜の厚みを  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下に限定している理由として、厚みが  $0.1 \mu\text{m}$  未満になると潤滑性被膜がすぐに摩耗してなくなってしまうからであり、 $5 \mu\text{m}$  を超えると潤滑性被膜に蓄積される残留応力が大きくなって膜が剥離してしまうからである。潤滑性被膜の厚みは  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $3 \mu\text{m}$  以下であるのがさら

に好ましい。

【0026】切削工具1においては、耐摩耗性被膜は、チタン (Ti)、クロム (Cr) およびアルミニウム (Al) からなる群より選ばれた2種以上の元素と炭素 (C) および窒素 (N) からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜から構成される複数層を含むのが好ましい。切削工具2においては、耐摩耗性被膜は、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr) およびアルミニウム (Al) からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素 (C) および窒素 (N) からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜から構成される複数層を含むのが好ましい。この場合、耐摩耗性被膜を複数層から構成することにより、耐摩耗性と密着性をさらに向上させることができる。上記の化合物の膜をマイクロメートルオーダーの厚みで形成し、その膜を数層から数十層積層させて耐摩耗性被膜を構成してもよい。また、上記の化合物の膜をナノメートルオーダーの厚みで形成し、その膜を数百層から数千層積層させて耐摩耗性被膜を構成してもよい。

【0027】切削工具1においては、耐摩耗性被膜の厚みは  $0.5 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。耐摩耗性被膜の厚みが  $0.5 \mu\text{m}$  未満であると、耐摩耗性被膜がすぐに摩耗して耐摩耗性が不十分となるからである。また、耐摩耗性被膜の厚みが  $10 \mu\text{m}$  を超えると、耐摩耗性被膜に蓄積される残留応力が大きくなって膜が剥離してしまうからである。

【0028】切削工具2においては、耐摩耗性被膜の厚みは  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。耐摩耗性被膜の厚みが  $0.1 \mu\text{m}$  未満であると、耐摩耗性被膜がすぐに摩耗して耐摩耗性が不十分となるからである。また、耐摩耗性被膜の厚みが  $10 \mu\text{m}$  を超えると、耐摩耗性被膜に蓄積される残留応力が大きくなって膜が剥離してしまうからである。耐摩耗性被膜の厚みは  $0.5 \mu\text{m}$  以上  $5 \mu\text{m}$  以下であるのがさらに好ましい。

【0029】切削工具1においては、耐摩耗性被膜の表面粗度は、Ra表示で  $0.03 \mu\text{m}$  以上  $0.5 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。耐摩耗性被膜の表面粗度がRa表示で  $0.5 \mu\text{m}$  を超えると、表面に存在する突起が潤滑性の効果を阻害してしまうからである。

【0030】切削工具2においては、耐摩耗性被膜の表面粗度は、Ra表示で  $0.01 \mu\text{m}$  以上  $0.5 \mu\text{m}$  以下であるのが好ましい。耐摩耗性被膜の表面粗度がRa表示で  $0.5 \mu\text{m}$  を超えると、表面に存在する突起が潤滑性の効果を阻害してしまうからである。

【0031】切削工具1の最表面が、チタン (Ti)、クロム (Cr) およびアルミニウム (Al) からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素 (C)、窒素 (N) および酸素 (O) からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜で被覆されているのが好ましい。切削工具2の最表面が、チタン (Ti)、ジルコニ

ウム (Zr)、クロム (Cr) およびアルミニウム (Al) からなる群より選ばれた1種以上の元素と炭素

(C)、窒素 (N) および酸素 (O) からなる群より選ばれた1種以上の元素とからなる化合物の膜で被覆されているのが好ましい。上記の化合物の膜で切削工具1または2の最表面が被覆されていると、表面の外観の色調が統一され、商品価値が向上するとともに、使用済みのコーナを識別することが容易になる。

【0032】切削工具1においては、基材の表面と耐摩耗性被膜との間に、チタン (Ti) 膜、窒化チタン (TiN) 膜、クロム (Cr) 膜および窒化クロム (CrN) 膜からなる群より選ばれた1種以上の膜を含む中間層が形成されていてもよい。この場合、上記の中間層は、基材の表面と耐摩耗性被膜との両者に対して密着性がよいので、耐摩耗性被膜の基材に対する付着力を一層向上させることができる。このため、耐摩耗性被膜が基材から剥離することなく、切削工具の寿命をさらに向上させることができる。中間層の厚みは0.05  $\mu$ m以上1.0  $\mu$ m以下であるのが好ましい。

【0033】切削工具2においては、基材の表面と耐摩耗性被膜との間に、周期律表第4a、5a、6a族元素からなる群より選ばれた1種以上の元素、または周期律表第4a、5a、6a族元素からなる群より選ばれた1種以上の元素の窒化物、炭窒化物または炭化物のいずれかを含む中間層が形成されていてもよい。この場合、上記の中間層は、基材の表面と耐摩耗性被膜との両者に対して密着性がよいので、耐摩耗性被膜の基材に対する付着力を一層向上させることができる。このため、耐摩耗性被膜が基材から剥離することなく、切削工具の寿命をさらに向上させることができる。特に、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr)、クロム (Cr)、窒化チタン (TiN)、窒化ジルコニウム (ZrN) または窒化クロム (CrN) のいずれかを含む中間層は、密着性の観点から好ましい。また、耐摩耗性被膜と潤滑性被膜との間にも、上記の中間層が形成されていてもよい。特に、チタン (Ti)、ジルコニウム (Zr) またはクロム (Cr) を含む中間層は、潤滑性被膜を構成する硬質炭素膜の炭素と化学的な結合を持つため、潤滑性被膜に対して強固な密着力が得られるので、好ましい。中間層の厚みが0.5 nm以上100 nm以下であれば、密着性向上の点で好ましい。中間層の厚みが0.5 nm未満では、基材の全表面を均一に被覆することができないので、中間層の基材に対する十分な密着性を得ることができない。また、厚みが100 nmを超える中間層を形成しても、さらなる密着力の向上を得ることができないので、生産コストの観点から好ましくない。

【0034】切削工具1と2において、耐摩耗性被膜、潤滑性被膜および中間層のすべての膜をアークイオン式イオンプレーティング法またはスパッタリング法で形成するのが好ましい。この場合、各被膜の密着性が向上す

る。さらに、各被膜をスパッタリング法で形成する場合には、スパッタリング法の中でもイオン化率の高いアンバランスドマグネトロンスパッタリング法を採用するのが密着性の観点から好ましい。

【0035】切削工具1と2の基材の材料として、炭化タングステン基超硬合金、サーメット、セラミックス、立方晶窒化硼素焼結体、ダイヤモンド焼結体または鉄系合金のいずれかであるのが好ましい。上記のセラミックスは、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムまたは炭化ホウ素のいずれかであるのが好ましい。上記の鉄系合金は、高速度鋼、ダイス鋼またはステンレス鋼であるのが好ましい。

【0036】切削工具1と2は、ドリル、エンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマまたはタップとして用いられる。

【0037】

【実施例】 (実施例1)

(1) サンプルの作製

(i) 本発明品の作製

基材として、グレードがJISP30の超硬合金、チップ形状がJIS (日本工業規格) のSDKN42のフライス加工用刃先交換型チップを準備した。

【0038】図1は、この発明の実施例で用いた成膜装置の概略的な構成を示す側面図であり、図2はその概略的な構成を示す上面図である。この成膜装置は公知のアーキオンプレーティング法を用いている。

【0039】図1を参照して、成膜装置1は、チャンバ2と、主テーブル3と、支持棒4と、アーク式蒸発源5aおよび5bと、陰極6aおよび6bと、可変電源としての直流電源7a、7bおよび8と、ガスを供給するためのガス導入口9と、ガス排出口14とを備える。

【0040】チャンバ2はガス排出口14を通じて真空ポンプに連結されている。これにより、チャンバ2の内部の圧力を変化させることができる。チャンバ2の内部には、主テーブル3と支持棒4と陰極6aおよび6bが設けられている。

【0041】チャンバ2の内部に設けられた支持棒4は主テーブル3を支持する。支持棒4の内部には回転軸が設けられており、この回転軸が主テーブル3を回転させる。主テーブル3の上には、複数の基材10を保持するための治具11が設けられている。支持棒4、主テーブル3および治具11は直流電源8の負極と電気的に接続されている。直流電源8の正極は接地されている。

【0042】チャンバ2の側壁には、アーク式蒸発源5aとそのアーク式蒸発源5aに接続された陰極6aに向かい合うように、アーク式蒸発源5bと陰極6bが取付けられている。図2にも示すように、チャンバ2の側壁には、アーク式蒸発源5cとそのアーク式蒸発源5cに接続された陰極6cに向かい合うように、アーク式蒸発



源5dと陰極6dが取付けられている。

【0043】図1に示すように、アーク式蒸発源5aおよび陰極6aは、直流電源7aの負極と電氣的に接続されている。直流電源7aの正極は接地され、かつチャンバ2と電氣的に接続されている。アーク式蒸発源5bおよび陰極6bは、直流電源7bの負極と電氣的に接続されている。直流電源7bの正極は接地され、かつチャンバ2に電氣的に接続されている。また、図1には示されていないが、図2に示される1対のアーク式蒸発源5cおよび陰極6cとアーク式蒸発源5dおよび陰極6dも、上記と同様にして直流電源の負極に電氣的に接続されている。

【0044】直流電源7aおよび7bは、陰極6aおよび6bとチャンバ2との間のアーク放電によって、アーク式蒸発源5aおよび5bを部分的に溶解させて陰極物質を矢印12aおよび12bに示す方向に蒸発させる。陰極6aおよび6bとチャンバ2の間には数十ボルト程度の電圧が印加される。アーク式蒸発源5aは、チタン(Ti)とアルミニウム(Al)の原子比率が0.5対0.5の化合物から形成されている。アーク式蒸発源5bはチタン(Ti)から形成されている。

【0045】ガス導入口9には、矢印13で示す方向からさまざまなガスが導入される。このガスの例として、アルゴン、窒素、水素、酸素ガス、または、たとえばメタン、アセチレン、ベンゼンなどの炭化水素ガスなどがある。

【0046】まず、図1で示すような成膜装置を用いて、主テーブル3を回転させながら、真空ポンプによりガス排出口14から矢印15で示す方向にガスを排出させることによってチャンバ2の内部を減圧した。このとき、ヒータ(図示せず)により基材10を温度450℃または500℃に加熱した状態で、チャンバ2の内部の圧力が $8 \times 10^{-4}$ Paまたは $1.3 \times 10^{-3}$ Paとなるまで真空引きを行なった。次に、ガス導入口9から矢印13で示す方向にアルゴンガスを導入してチャンバ2の内部の圧力を2.7Paに保持し、直流電源8の電圧を徐々に上げながら、-1000Vとし、基材10の表面のクリーニングを10分間行なった。その後、アルゴンガスをガス排出口14から矢印15で示す方向に排気した。

【0047】次に、直流電源8の電圧を-1000Vに維持したまま、チャンバ2の内部にガス導入口9から、矢印13で示す方向に流量100SCCM(25℃、1気圧の標準状態での流量:  $\text{cm}^3/\text{min}$ )のアルゴンと窒素の混合ガスを導入した。直流電源7bから陰極6bに80Aのアーク電流を供給し、陰極6bのアーク式蒸発源5bからチタンイオンを発生させた。これにより、チタンイオンが基材10の表面をスパッタクリーニングし、基材10の表面の強固な汚れや酸化膜が除去された。

【0048】その後、チャンバ2の内部の圧力が4Paになるように、ガス導入口9から窒素ガスを導入し、直流電源8の電圧を-150Vまたは-200Vとした。これにより、基材10の表面において窒化チタン(TiN)膜の形成が開始した。窒化チタン膜の厚みが所定の厚みに達するまでこの状態を維持した。このようにして、中間層としての窒化チタン膜を形成した。

【0049】中間層として窒化クロム(CrN)膜を形成する場合には、陰極6bのアーク式蒸発源5bとしてチタンの代わりにクロム(Cr)を用いる以外は、膜形成条件を窒化チタン膜の膜形成条件と全く同じ条件とした。

【0050】また、中間層としてチタン(Ti)膜を形成する場合には、窒素ガスを導入しない状態で、直流電源8の電圧を-200Vとした。

【0051】中間層としてクロム(Cr)膜を形成する場合には、陰極6bのアーク式蒸発源5bとしてチタンの代わりにクロム(Cr)を用いて、かつ、窒素ガスを導入しない状態で、直流電源8の電圧を-200Vとした。

【0052】中間層として窒化ジルコニウム(ZrN)膜を形成する場合には、陰極6bのアーク式蒸発源5bとしてチタンの代わりにジルコニウム(Zr)を用いる以外は、膜形成条件を窒化チタン膜の膜形成条件と全く同じ条件とした。

【0053】中間層としてジルコニウム(Zr)膜を形成する場合には、陰極6bのアーク式蒸発源5bとしてチタンの代わりにジルコニウム(Zr)を用いて、かつ、窒素ガスを導入しない状態で、直流電源8の電圧を-200Vとした。

【0054】中間層の形成が終了すると、上記の状態のまま、直流電源7aから陰極6aに、95Aの電流を供給した。これにより、陰極6aに設けられたアーク式蒸発源5aを形成するチタンとアルミニウムの化合物が矢印12aで示す方向に蒸発し、基材10の表面に所定の厚みの耐摩耗性被膜としての窒化チタンアルミニウム((Ti, Al)N)膜を形成した。窒化チタンアルミニウム膜の組成式を $(\text{Ti}_x, \text{Al}_{1-x})\text{N}$ とした場合、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。このため、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(\text{Ti}_x, \text{Al}_{1-x})$ とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0055】耐摩耗性被膜として炭窒化チタンアルミニウム((Ti, Al)CN)膜を形成する場合には、チャンバ2の内部の圧力が4Paになるようにガス導入口9から窒素とメタンの混合ガスを導入する以外は、膜形成条件を窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。

【0056】また、窒化チタンクロムアルミニウム((Ti, Cr, Al)N)膜を耐摩耗性被膜として形



成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_xCr_yAl_z$  ( $0.1 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq y \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq z \leq 0.8$ 、 $x+y+z=1$ ) とするのが好ましい。

【0057】炭窒化チタンクロムアルミニウム ( $Ti, Cr, Al$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.33}Cr_{0.33}Al_{0.33}$ とし、膜形成条件を炭窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_xCr_yAl_z$  ( $0.1 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq y \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq z \leq 0.8$ 、 $x+y+z=1$ ) とするのが好ましい。

【0058】窒化クロムアルミニウム ( $Cr, Al$ ) N) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Cr_{0.5}Al_{0.5}$ とし、膜形成条件を窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Cr_X, Al_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0059】炭窒化クロムアルミニウム ( $Cr, Al$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Cr_{0.5}Al_{0.5}$ とし、膜形成条件を炭窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Cr_X, Al_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0060】耐摩耗性被膜として窒化チタンクロム ( $Ti, Cr$ ) N) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.5}Cr_{0.5}$ とし、膜形成条件を窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Ti_X, Cr_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0061】炭窒化チタンクロム ( $Ti, Cr$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.5}Cr_{0.5}$ とし、膜形成条件を炭窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Ti_X, Cr_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0062】耐摩耗性被膜として窒化ジルコニウム ( $Zr$ ) N) 膜を形成する場合には、陰極6bのアーク式蒸発源5bとしてチタンの代わりにジルコニウム ( $Zr$ ) を用いる以外は、膜形成条件を中間層としての窒化チタン膜の膜形成条件と全く同じ条件とした。

【0063】また、窒化チタンジルコニウムアルミニウム ( $Ti, Zr, Al$ ) N) 膜を耐摩耗性被膜として形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_xZr_yAl_z$  ( $0.1 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq y \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq z \leq 0.8$ 、 $x+y+z$

$=1$ ) とするのが好ましい。

【0064】炭窒化チタンジルコニウムアルミニウム ( $Ti, Zr, Al$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.33}Zr_{0.33}Al_{0.33}$ とし、膜形成条件を炭窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_xZr_yAl_z$  ( $0.1 \leq x \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq y \leq 0.8$ 、 $0.1 \leq z \leq 0.8$ 、 $x+y+z=1$ ) とするのが好ましい。

【0065】窒化ジルコニウムアルミニウム ( $Zr, Al$ ) N) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Zr_{0.5}Al_{0.5}$ とし、膜形成条件を窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Zr_X, Al_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0066】炭窒化ジルコニウムアルミニウム ( $Zr, Al$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Zr_{0.5}Al_{0.5}$ とし、膜形成条件を炭窒化ジルコニウムアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Zr_X, Al_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0067】耐摩耗性被膜として窒化チタンジルコニウム ( $Ti, Zr$ ) N) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.5}Zr_{0.5}$ とし、膜形成条件を窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Ti_X, Zr_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0068】炭窒化チタンジルコニウム ( $Ti, Zr$ ) CN) 膜を形成する場合には、アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $Ti_{0.5}Zr_{0.5}$ とし、膜形成条件を炭窒化チタンアルミニウム膜の膜形成条件と同じに設定した。アーク式蒸発源5aを形成する化合物の組成式を $(Ti_X, Zr_{1-X})$  とすると、Xは $0.3 \leq X \leq 0.8$ の範囲内であるのが好ましい。

【0069】各サンプルについて耐摩耗性被膜の表面粗度Ra ( $\mu m$ ) を測定した。次に、耐摩耗性被膜の上に潤滑性被膜として硬質炭素膜を形成した。図示されていない基板加熱ヒータを用いて基材10の温度を $200^\circ C$ に制御し、主テーブル3に $-35V$ または $-50V$ の電圧を直流電源8によって印加した状態で、成膜装置1のチャンバ2の内部に窒素 ( $N_2$ ) ガス、メタン ( $CH_4$ ) ガス、水素 ( $H_2$ ) ガス、アルゴン ( $Ar$ ) ガスのいずれか1種類または数種類を合計流量で $100SCCM$ で導入し、あるいはガスを全く導入しない状態で、真空アーク放電により、陰極6cに設けられたアーク式蒸発源5cを形成するグラファイトのターゲットを蒸発させ、

イオン化させることによって、耐摩耗性被膜の上に硬質炭素膜を形成した。

【0070】さらに、上記の潤滑性被膜を形成するとき、チャンパ2の内部にガス導入口9から反応ガスを導入しながら、真空アーク放電により、陰極6dに設けられたアーク式蒸発源5dを形成する、チタン(Ti)、クロム(Cr)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、バナジウム(V)、硼素(B)、アルミニウム(Al)、ケイ素(Si)のうちから選ばれる少なくとも1種以上の金属を同時に蒸発させることによって、耐摩耗性被膜の上に硬質炭素膜と所定の非炭素膜または化合物膜とからなる積層構造の潤滑性被膜を形成することができた。

【0071】なお、潤滑性被膜の上に最表面層として窒化チタン(TiN)膜、炭窒化チタン(TiCN)膜、窒化クロム(CrN)、窒化ジルコニウム(ZrN)、窒化チタンアルミニウム(TiAlN)膜または酸化アルミニウム( $Al_2O_3$ )膜を形成した本発明品も作製した。

【0072】(ii) 従来品1と3の作製

従来品1と3の作製にあたっては、陰極6aに設けられたアーク式蒸発源5aをチタンとアルミニウムの原子比率が0.5対0.5の化合物、陰極6bに設けられたアーク式蒸発源5bをチタンで形成した。その他の成膜装置1の構成については本発明品の作製と同様とした。

【0073】成膜装置1において、まず、治具11に基材10を取付け、本発明品の作製と同様にこれらを回転させた。次に、本発明品の作製と同様の工程で基材10の表面をアルゴンイオンでスパッタクリーニングした後、チタンイオンでスパッタクリーニングし、さらに厚みが0.5 $\mu$ mの窒化チタン(TiN)膜を形成した。

【0074】窒化チタン膜の形成が終了すると、直流電源7aから陰極6aへ、従来品1では-30Vの電圧で、従来品3では-35Vの電圧で、電流95Aの電力を供給して、陰極6aに設けられたアーク式蒸発源5aからチタンイオン、アルミニウムイオンを発生させた。また、ガス導入口9から窒素ガスを導入し、主テーブル3に-200Vの電圧を直流電源8によって印可した。チタンイオンとアルミニウムイオンと窒素ガスとが反応して基材10の表面の窒化チタン膜上に厚みが3 $\mu$ mの窒化チタンアルミニウム(Ti<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N)膜を形成した。

【0075】(iii) 従来品2と4の作製

従来品2と4の作製にあたっては、陰極6aに設けられるアーク式蒸発源5aと陰極6bに設けられるアーク式蒸発源5bをチタンで形成した。その他の成膜装置1の構成については従来品1の作製の場合と同様とした。

【0076】成膜装置1において、まず、治具11に基材10を取付けて、本発明品の作製と同様にこれらを回転させた。次に、本発明品の作製と同様の工程で基材10の表面をアルゴンイオンでスパッタクリーニングした後、チタンイオンでスパッタクリーニングし、さらに厚みが0.5 $\mu$ mの窒化チタン(TiN)膜を形成した。

【0077】窒化チタン膜の形成が終了すると、直流電源7aから陰極6aへ、従来品2では-30Vの電圧で、従来品4では-35Vの電圧で、電流95Aの電力を供給して、陰極6aに設けられたアーク式蒸発源5aからチタンイオンを発生させた。また、ガス導入口9からメタン(CH<sub>4</sub>)ガスと窒素(N<sub>2</sub>)ガスを導入し、主テーブル3に-200Vの電圧を印可した。これらのガスとチタンイオンとが反応して基材10の表面の窒化チタン膜上に厚みが3 $\mu$ mの炭窒化チタン(TiC<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>)膜を形成した。

【0078】以上のようにして、表1～表4に示すような膜の構成を有する本発明品No. 1～97、従来品No. 1～4を作製した。

【0079】(2) 切削試験評価

上述の工程で製造したサンプルである本発明品No. 1～97、従来品No. 1～4のそれぞれについて、実際に被削材として熱間ダイス鋼(JIS SKD61)を用いて正面フライス加工を実施し、切削工具の寿命を評価した。切削条件は、切削速度50m/min、送り0.3mm/刃、切込2mm、ドライ条件とした。なお、寿命の判定は、本発明品No. 1～47、従来品No. 1～2については、切削長さが15mでの逃げ面の摩耗量(mm)、本発明品No. 48～94、従来品No. 3～4については、切削長さが20mでの逃げ面の摩耗量(mm)によって行なった。これらの寿命の評価結果を表1～表4に示す。

【0080】また、表3～4に示される本発明品No. 48～97については、潤滑性被膜のヌープ硬度(kg/mm<sup>2</sup>)も測定した。これらの硬度の測定結果も表3～4に示す。

【0081】

【表1】

No.	中間層		耐摩耗層		潤滑層		最表面層		表面粗度 Ra (μm)	逃げ面 摩耗量 (mm)	
	膜種	膜厚 (μm)	膜種	膜厚 (μm)	膜種	膜厚 (μm)	膜種	膜厚 (μm)			
本発明品	1	TiN	0.05	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.097
	2	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.14	0.085
	3	TiN	1	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.100
	4	TiN	0.5	TiAlN	0.5	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.112
	5	TiN	0.6	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.13	0.108
	6	TiN	0.5	TiAlN	10	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.111
	7	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	0.5	なし	0	0.12	0.110
	8	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	2	なし	0	0.14	0.102
	9	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	5	なし	0	0.15	0.133
	10	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	TiN	0.3	0.11	0.126
	11	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	TiCN	0.3	0.15	0.120
	12	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	CrN	0.3	0.16	0.132
	13	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	TiAlN	0.3	0.16	0.115
	14	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	0.15	0.096
	15	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/Cr 積層	1	なし	0	0.15	0.088
	16	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/Ti 積層	1	なし	0	0.14	0.100
	17	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/Zr 積層	1	なし	0	0.14	0.101
	18	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/V 積層	1	なし	0	0.14	0.105
	19	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/Hf 積層	1	なし	0	0.14	0.112
	20	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/Si 積層	1	なし	0	0.14	0.111
	21	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/B 積層	1	なし	0	0.14	0.109
	22	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/TiAl 積層	1	なし	0	0.14	0.100
	23	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/TiN 積層	1	なし	0	0.15	0.111
	24	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/CrN 積層	1	なし	0	0.12	0.113
	25	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/ZrN 積層	1	なし	0	0.12	0.112

【0082】

【表2】

No.	中間層			耐摩耗層		潤滑層		最表面層		表面粗度 Ra (μm)	逃げ面 摩耗量 (mm)
	膜種	膜厚 (μm)		膜種	膜厚 (μm)		膜種	膜厚 (μm)			
本発明品	26	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/HfN 積層	1	なし	0	0.12	0.107
	27	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/AlN 積層	1	なし	0	0.12	0.102
	28	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/VN 積層	1	なし	0	0.12	0.100
	29	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/SiC 積層	1	なし	0	0.12	0.111
	30	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/SiN 積層	1	なし	0	0.12	0.105
	31	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/BN 積層	1	なし	0	0.12	0.096
	32	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/TiAlN 積層	1	なし	0	0.12	0.113
	33	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素/TiCN 積層	1	なし	0	0.15	0.121
	34	CrN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.14	0.122
	35	Ti	0.05	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.16	0.104
	36	Cr	0.05	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.115
	37	なし	0	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.12	0.152
	38	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.03	0.116
	39	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.2	0.119
	40	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.5	0.098
	41	TiN	0.5	TiAlCN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.111
	42	Cr	0.05	TiCrAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.123
	43	Cr	0.05	TiCrAlCN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.14	0.117
	44	Cr	0.05	CrAlN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.16	0.114
	45	Cr	0.05	CrAlCN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.12	0.115
46	TiN	0.5	TiCrN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.15	0.124	
47	TiN	0.5	TiCrCN	3	硬質炭素	1	なし	0	0.14	0.131	
従来品	1	TiN	0.5	TiAlN	3	-	-	なし	0		0.296
	2	TiN	0.5	TiCN	3	-	-	なし	0		0.288

【0083】

【表3】

No.	中間層		耐摩耗層		潤滑層			最表面層		表面粗度 Ra ( $\mu\text{m}$ )	逃げ面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	硬度	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )		
本発明品	48	TiN	0.01	ZrN	3	硬質炭素	1850	1	なし	0	0.095
	49	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2150	1	なし	0	0.086
	50	TiN	3	ZrN	3	硬質炭素	2240	1	なし	0	0.101
	51	TiN	0.5	ZrN	0.8	硬質炭素	1690	1	なし	0	0.113
	52	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	1940	1	なし	0	0.104
	53	TiN	0.5	ZrN	10	硬質炭素	1600	1	なし	0	0.109
	54	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	1830	0.5	なし	0	0.110
	55	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2230	2	なし	0	0.103
	56	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	1190	5	なし	0	0.131
	57	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2100	1	TiCN	0.3	0.125
	58	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2200	1	TiN	0.3	0.15
	59	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2010	1	ZrN	0.3	0.134
	60	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	1560	1	TiAlN	0.3	0.112
	61	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	1440	1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	0.095
	62	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/Ti 積層	1690	1	なし	0	0.087
	63	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/Gr 積層	1230	1	なし	0	0.099
	64	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/Zr 積層	1110	1	なし	0	0.102
	65	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/Hf 積層	1520	1	なし	0	0.106
	66	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/V 積層	1660	1	なし	0	0.116
	67	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/Si 積層	1780	1	なし	0	0.111
	68	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/B 積層	1590	1	なし	0	0.123
	69	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/TiAl 積層	2240	1	なし	0	0.104
	70	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/GrN 積層	2320	1	TiN	0.2	0.100
	71	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/TiN 積層	1840	1	TiN	0.3	0.111
	72	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/HfN 積層	1650	1	TiN	0.5	0.100
	73	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/ZrN 積層	1920	1	TiN	0.5	0.106
	74	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/AlN 積層	1980	1	TiN	0.2	0.106

【0084】

【表4】

No.	中間層		耐摩耗層		潤滑層			最表面層		表面粗度 Ra ( $\mu\text{m}$ )	逃げ面 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )
	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	硬度	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	膜種	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )		
本発明品	75	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/VN 積層	1760	1	TiN	0.2	0.104
	76	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/SiN 積層	1870	1	TiN	0.1	0.107
	77	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/SiC 積層	1980	1	TiN	0.1	0.102
	78	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/BN 積層	2180	1	TiN	0.2	0.097
	79	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/TiAlN 積層	2470	1	TiN	0.3	0.111
	80	TiN	0.5	ZrN	3	硬質炭素/TiCN 積層	2540	1	TiN	0.4	0.124
	81	ZrN	0.5	ZrN	3	硬質炭素	2260	1	なし	0	0.123
	82	Ti	0.05	ZrN	3	硬質炭素	1480	1	なし	0	0.108
	83	Zr	0.05	ZrN	3	硬質炭素	1670	1	なし	0	0.116
	84	なし	0	ZrN	3	硬質炭素	1230	1	なし	0	0.154
	85	TiN	1.5	ZrN	0.5	硬質炭素	2260	1	ZrN	0.2	0.116
	86	TiN	1.5	ZrN	0.5	硬質炭素	2540	1	ZrN	0.1	0.117
	87	TiN	1.5	ZrN	0.5	硬質炭素	1670	1	ZrN	0.3	0.094
	88	TiN	0.5	TiAlN	3	硬質炭素	1900	1	なし	0	0.113
	89	Zr	0.02	TiZrAlN	3	硬質炭素	2200	1	なし	0	0.117
	90	Zr	0.01	TiZrAlCN	3	硬質炭素	1980	1	なし	0	0.116
	91	Zr	0.02	ZrAlN	3	硬質炭素	2100	1	なし	0	0.109
	92	Zr	0.05	ZrAlCN	3	硬質炭素	2000	1	なし	0	0.113
	93	TiN	0.5	TiZrN	3	硬質炭素	1860	1	なし	0	0.124
	94	TiN	0.5	TiZrCN	3	硬質炭素	1560	1	なし	0	0.133
	95	TiN	1	TiAlN	2	硬質炭素	800	1	TiN	0.2	0.113
	96	TiN	1	TiAlN	2	硬質炭素	2500	1	TiN	0.1	0.124
	97	TiN	1	TiAlN	2	硬質炭素	3500	1	TiN	0.5	0.133
従来品	3	TiN	0.5	TiAlN	3	-	-	-	なし	0	0.17
	4	TiN	0.5	TiCN	3	-	-	-	なし	0	0.299

【0085】表1～表4から明らかなように、本発明品 No. 1～47は、従来品 No. 1およびNo. 2に対して、本発明品 No. 48～97は、従来品 No. 3およびNo. 4に対して、切削工具の寿命が大きく向上したことが確認された。

【0086】（実施例2）実施例1と同じ方法によって、基材としてリーマ（JISK10超硬合金）の表面上にそれぞれコーティングを行ない、サンプルである本

発明品（膜の構成については表1の本発明品 No. 2と同じとした）、従来品1（膜の構成については表2の従来品 No. 1と同じとした）および従来品2（膜の構成については表2の従来品 No. 2と同じとした）を作製した。

【0087】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋳鉄の穴あけ加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、リーマ径15mm、切削速度10m/mi

n、送り0.05mm/刃、切込0.15mm、ウェット条件とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0088】その結果、本発明品では42000個の穴あけ加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品1では4500個の穴あけ加工、従来品2では4200個の穴あけ加工を行なった時点で、それぞれ寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品のリーマの寿命は従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0089】(実施例3) 実施例1と同じ方法により、基材としてエンドミル(JISK10超硬合金)の表面上にそれぞれコーティングを行ない、サンプルである本発明品(膜の構成については表1の本発明品No.2と同じにした)、従来品1(膜の構成については表2の従来品No.1と同じとした)および従来品2(膜の構成については表2の従来品No.2と同じとした)を作製した。

【0090】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋳鉄のエンドミル側面削り(切削幅15mm)加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度75m/min、送り0.02mm/刃、切込2mm、ウェット条件とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0091】その結果、本発明品では長さ20mのエンドミル側面削り加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品1では長さ1.8m、従来品2では長さ1.4mのエンドミル側面削り加工を行なった時点で、それぞれ寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品のエンドミルの寿命が従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0092】(実施例4) 実施例1と同じ方法により、旋削用刃先交換型チップ(JISP10超硬合金、刃先形状はすくい角が8°、逃げ角が6°)を基材として用いて、その基材の表面上にコーティングを行ない、サンプルである本発明品(膜の構成は表1の本発明品No.2と同じとした)、従来品1(膜の構成については表2の従来品No.1と同じとした)および従来品2(膜の構成については表2の従来品No.2と同じとした)を作製した。

【0093】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋼の中仕上げ旋削加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度180m/min、送り0.2mm/刃とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0094】その結果、本発明品では180分間、中仕上げ旋削加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品1では48分間、従来品2では52分間、中仕上げ旋削加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品の旋削用刃先交

換型チップの寿命が従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0095】(実施例5) 実施例1と同じ方法により、直径が8mmのドリル(JISK10超硬合金)を基材として用いて、その基材の表面上にコーティングを行ない、サンプルである本発明品(膜の構成については表1の本発明品No.2と同じにした)、従来品1(膜の構成については表2の従来品No.1と同じにした)および従来品2(膜の構成については表2の従来品No.2と同じにした)を作製した。

【0096】次に、これらのサンプルを用いて、実際にSCM440(JIS呼称)の穴あけ(深さが32mmの止まり穴)加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度70m/min、送り0.5mm/回転、切削油剤なし(完全乾式)条件とした。なお、寿命の判定は、穴あけ個数と切削動力の関係で行なった。

【0097】その結果、本発明品のドリルでは650個穴あけを行なっても、切削動力はほぼ変化せず、一定の切削動力で穴あけ加工を続けることができた。また、本発明品では、目標の切削長である20mをクリアし、優れた特性が得られた。

【0098】一方、従来品1と2では、いずれも2個目の穴あけ加工で切削動力が急上昇したため、これ以上穴あけ加工を続けることができなくなった。これらのことから、本発明品では、切削油剤が存在しない完全乾式状態で安定に切削できることと、寿命が大きく向上していることが確認できた。

【0099】(実施例6) 実施例1と同じ方法によって、基材としてリーマ(JISK10超硬合金)の表面上にそれぞれコーティングを行ない、サンプルである本発明品(膜の構成については表3の本発明品No.49と同じとした)、従来品3(膜の構成については表4の従来品No.3と同じとした)および従来品2(膜の構成については表4の従来品No.4と同じとした)を作製した。

【0100】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋳鉄の穴あけ加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、リーマ径16mm、切削速度10m/min、送り0.05mm/刃、切込0.15mm、ウェット条件とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0101】その結果、本発明品では39000個の穴あけ加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品3では4100個の穴あけ加工、従来品4では4060個の穴あけ加工を行なった時点で、それぞれ寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品のリーマの寿命は従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0102】(実施例7) 実施例1と同じ方法により、

基材としてエンドミル（JISK10超硬合金）の表面上にそれぞれコーティングを行ない、サンプルである本発明品（膜の構成については表3の本発明品No. 49と同じにした）、従来品3（膜の構成については表4の従来品No. 3と同じとした）および従来品4（膜の構成については表4の従来品No. 4と同じとした）を作製した。

【0103】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋳鉄のエンドミル側面削り（切削幅15mm）加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度80m/min、送り0.02mm/刃、切込2mm、ウェット条件とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0104】その結果、本発明品では長さ25mのエンドミル側面削り加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品3では長さ1.6m、従来品4では長さ1.9mのエンドミル側面削り加工を行なった時点で、それぞれ寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品のエンドミルの寿命が従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0105】（実施例8）実施例1と同じ方法により、旋削用刃先交換型チップ（JISP10超硬合金、刃先形状はすくい角が8°、逃げ角が6°）を基材として用いて、その基材の表面上にコーティングを行ない、サンプルである本発明品（膜の構成は表3の本発明品No. 49と同じとした）、従来品3（膜の構成については表3の従来品No. 3と同じとした）および従来品4（膜の構成については表4の従来品No. 4と同じとした）を作製した。

【0106】次に、これらのサンプルを用いて、実際に鋼の中仕上げ旋削加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度190m/min、送り0.2mm/刃とした。なお、寿命の判定は、被加工材の寸法精度が規定の範囲を外れた時点とした。

【0107】その結果、本発明品では190分間、中仕上げ旋削加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れたが、従来品3では49分間、従来品4では59分間、中仕上げ旋削加工を行なった時点で寸法精度が規定の範囲を外れた。したがって、本発明品の旋削用刃先交換型チップの寿命が従来品に比べて大きく向上していることが確認された。

【0108】（実施例9）実施例1と同じ方法により、直径が8mmのドリル（JISK10超硬合金）を基材として用いて、その基材の表面上にコーティングを行ない、サンプルである本発明品（膜の構成については表3の本発明品No. 49と同じにした）、従来品3（膜の構成については表4の従来品No. 3と同じにした）および従来品4（膜の構成については表4の従来品No. 4と同じにした）を作製した。

【0109】次に、これらのサンプルを用いて、実際に

SCM440（JIS呼称）の穴あけ（深さが30mmの止まり穴）加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度70m/min、送り0.5mm/回転、切削油剤なし（完全乾式）条件とした。なお、寿命の判定は、穴あけ個数と切削動力の関係で行なった。

【0110】その結果、本発明品のドリルでは660個穴あけを行なっても、切削動力はほぼ変化せず、一定の切削動力で穴あけ加工を続けることができた。また、本発明品では、目標の切削長である20mをクリアし、優れた特性が得られた。

【0111】一方、従来品3と4では、いずれも2個目の穴あけ加工で切削動力が急上昇したため、これ以上穴あけ加工を続けることができなくなった。これらのことから、本発明品では、切削油剤が存在しない完全乾式状態で安定に切削できることと、寿命が大きく向上していることが確認できた。

【0112】（実施例10）実施例1と同じ方法により、直径が6.8mmのドリル（JISK10超硬合金）を基材として用いて、その基材の表面上にコーティングを行ない、サンプルである本発明品（膜の構成については表3の本発明品No. 49と同じにした）、従来品3（膜の構成については表4の従来品No. 3と同じにした）および従来品4（膜の構成については表4の従来品No. 4と同じにした）を作製した。

【0113】次に、これらのサンプルを用いて、実際にSCM440（JIS呼称）の穴あけ（深さが30mmの止まり穴）加工を行ない、その寿命評価を行なった。切削条件は、切削速度100m/min、送り0.05mm/回転、切削油剤なし（完全乾式）条件とした。なお、寿命の判定は、穴あけ個数と切削動力の関係で行なった。

【0114】その結果、本発明品のドリルでは480個穴あけを行なっても、切削動力はほぼ変化せず、一定の切削動力で穴あけ加工を続けることができた。

【0115】一方、従来品3では2個目、従来品4では3個目の穴あけ加工で切削動力が急上昇したため、これ以上穴あけ加工を続けることができなくなった。これらのことから、本発明品では、切削油剤が存在しない完全乾式状態で安定に切削できることと、寿命が大きく向上していることが確認できた。

【0116】以上、この発明について説明したが、この発明は、上記の工具だけではなく、他の形状のエンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどの切削工具に適用することができる。また、他の形状の金属プレス用、金属鍛造用、ダイキャスト用、プラスチック成形用などの金型にも適用することができる。

【0117】以上の開示された実施例はすべての点で例示であって制限的なものでないと考えられるべきであ

る。たとえば、耐摩耗性被膜を複数層設けてもよく、被膜の成膜方法も、アークイオン式イオンプレーティングに限定されるものではなく、たとえば、スパッタリング法と複合した方法で被膜を形成してもよい。また、被膜中のチタン (Ti)、クロム (Cr) およびアルミニウム (Al) の比率、またはチタン (Ti)、ジルコニウム (Zr) およびアルミニウム (Al) の比率をさまざまに設定してもよい。本発明の範囲は、以上の実施例の説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての修正や変形を含むものであることが意図される。

# 【0118】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、ドリル、エンドミル、フライス加工用刃先交換型チップ、旋削用刃先交換型チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップなどの切削工具において、耐摩耗性を向上さ

せることができるだけでなく、潤滑性を向上させることができ、高い滑り性、高い焼き付け性、被削材の加工精度（表面仕上げ状態）などの向上も図ることができるため、寿命の長い切削工具を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

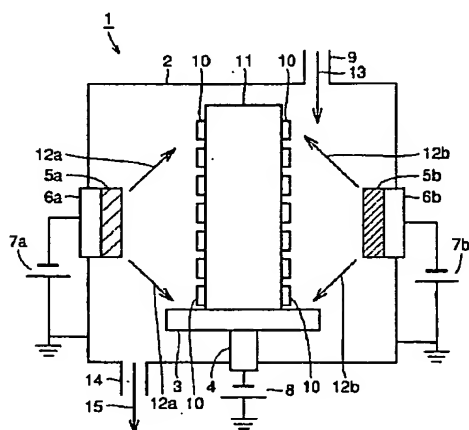
【図1】 この発明の1つの実施例において被膜を形成するために用いられる成膜装置の概略的な構成を示す側面図である。

【図2】 この発明の1つの実施例において被膜を形成するための成膜装置の概略的な構成を示す上面図である。

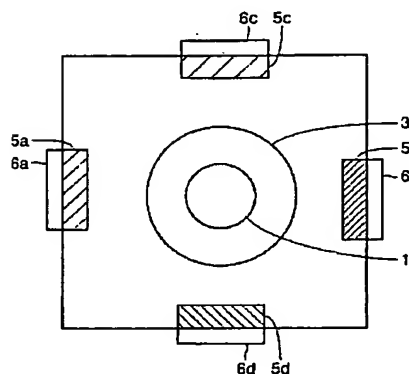
## 【符号の説明】

1：成膜装置、2：チャンバ、3：主テーブル、5a、5b、5c、5d：アーク式蒸発源、6a、6b、6c、6d：陰極、10：基材、11：治具

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 森口 秀樹  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72) 発明者 今村 晋也  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内  
(72) 発明者 大原 久典  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 橋本 泰久  
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 3C046 FF02 FF03 FF04 FF05 FF10  
FF11 FF12 FF13 FF16 FF25  
4K018 AD06 FA23 FA24 KA15  
4K029 AA02 AA04 AA07 BA02 BA03  
BA07 BA17 BA33 BA34 BA35  
BA43 BA54 BA55 BA58 BB01  
BB02 BC00 BD05 CA04 DD06  
EA01